Untersuchungen

über den

Lichtwechsel von U Coronae

nach den Mannheimer Beobachtungen von Professor Schönfeld in den Jahren 1869—76.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

bei der

philosophischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

eingereicht und mit den beigefügten Thesen verteidigt

am 7. Februar 1891, Mittags 12 Uhr,

von

B. Soeken.

Opponenten:

Hölterhoff, cand. astr.
Haas, cand. math.
Gass, cand. med.

Bonn,

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi.

1891.

Meinen lieben Eltern.

Der Stern U in der nördlichen Krone, mit dem sich die nachfolgende Untersuchung beschäftigt, hat für 1855.0 die Position:

$$\alpha = 15^h\,12^m\,17^s.2 \quad \delta = +32^\circ\,10'.8$$

Er gehört zur interessanten Gruppe derjenigen veränderlichen Sterne, welche bei sonst konstantem Lichte eine relativ kurze Zeit unter ihre gewöhnliche Helligkeit herabsinken, eine Gruppe, welche man nach ihrem ältesten und hellsten Vertreter mit dem Namen Algoltypus belegt hat. Der Veränderliche U Coronae wurde meines Wissens zuerst von Bessel am 20. Mai 1828 in Königsberg beobachtet und als Stern 8. Grösse notiert. Als einer unter der unendlichen Zahl teleskopischer Sterne wurde er natürlich keiner besonderen Aufmerksamkeit gewürdigt, und daher rührt es denn auch, dass seine Veränderlichkeit erst viele Jahre später entdeckt wurde. Der erste, der hierüber eine Notiz machte, war Winnecke, der ihn als Vergleichstern für den nahe stehenden Veränderlichen S Coronae (Position 1855.0: $15^h\,15^m\,29^s$, $+31^\circ\,53'.5$) benutzte. Er fand ihn am 6. October 1862 so auffallend lichtschwach, dass er die einige Tage vorher gemachten Beobachtungen nicht recht damit in Einklang bringen konnte. Er kam dabei schon auf den Gedanken, dass U Coronae vielleicht auch veränderlich sein könnte. Indessen in den nächsten Jahren, wo er auch vielfach als Vergleichstern benutzt wurde, wurden nur selten von der gewöhnlichen abweichende

Helligkeiten bemerkt. Auch einzelne Beobachtungen, die direkt zu dem Zwecke von Winnecke angestellt wurden, um den Stern auf seine Veränderlichkeit zu prüfen, führten zu keinem Resultate, bis am 23. August 1869 derselbe wieder zweifellos bedeutend schwächer als gewöhnlich erschien. Seit der Zeit wurde der Stern sowohl in Karlsruhe von Winnecke als auch in Mannheim von Schönfeld eifrigst verfolgt, und es gelang beiden Beobachtern gleichzeitig, am 25. März 1870 das erste Minimum mit einiger Sicherheit zu bestimmen. Ungefähr zwei Monate später, am 26. Mai, konnte Schönfeld ein zweites Minimum bestimmen, und es gelang ihm nach verschiedenen fehlgeschlagenen Versuchen sämtliche Beobachtungsdata durch eine Periode von 3.4522 Tagen zu vereinigen, ein Wert, der sich späterhin auch als nahezu richtig erwies. Nachdem so die ersten Anhaltpunkte gewonnen waren, wurde der Stern von Schönfeld und Winnecke noch vielfach sowohl während seiner Lichtschwankung als auch im vollen Lichte beobachtet. Ausser ihnen haben sich noch Schmidt in Athen und Dunér und Wijkander in Lund mit dem Stern beschäftigt und einige Minima desselben bestimmt, ebenso in allerneuster Zeit, in den Jahren 1888 und 1889, die Amerikaner Yendell und Chandler.

Die systematisch angestellten Beobachtungen erstrecken sich also über einen Zeitraum von beinahe 20 Jahren. Es können mithin die daraus abgeleiteten Elemente bereits eine ziemliche Genauigkeit für sich in Anspruch nehmen. Dazu lassen sich aus den älteren Beobachtungen noch einige ganz gut verwendbare Daten ziehen. Am ersten April 1856 $13^h\,30^m$ m. Z. Bonn ging nämlich Schönfeld bei der Bonner Durchmusterung über den Ort des Sternes hinweg, ohne denselben zu notieren. Es lässt sich daraus schliessen, meint Argelander, dass der Stern damals nicht sehr hell war, da Zeit zur Beobachtung genug vorhanden war und

andere die Grenze noch mehr überschreitende Sterne beobachtet sind. Aus den angenäherten Elementen folgt, dass an jenem Abend in der That ein Minimum stattgefunden hat und jedenfalls auch nicht allzu fern von der genannten Zeit. Man kann daher wohl, ohne einen allzu grossen Fehler zu begehen, das daraus folgende Datum:

1856 April 1 $13^h 16^m2$ m. Z. Paris (heliocentr.)

für die Epoche —1479 ansetzen, wobei die Epoche vom 25. März 1870 als Null gezählt ist.

Auf etwas gewaltsamere Weise gelangt man aus den beiden Winnecke'schen Beobachtungen von 1862 October 6 8^h0 m. Z. Pulkowa, wo der Stern als lichtschwach notiert ist, und von 1863 August 2 12^h5 m. Z. Pulkowa, wo er etwa die Helligkeit 7 der Winnecke'schen Skala [1]) hatte, zur Bestimmung eines Minimums. Indem man nämlich zum ersten Datum die entsprechenden Multipla der Periode addiert und von dem zweiten die entsprechenden Multipla subtrahiert und plausibele Reduktionen nach der Winnecke'schen vorläufigen Lichtkurve anwendet, bekommt man zwei Bestimmungen für die zwischen beiden Beobachtungen liegende mittlere Epoche —746. Nimmt man aus ihnen das Mittel, so bekommt man nach den nötigen Reduktionen

1863 März 7 $1^h 46^m1$ m. Z. Paris (hel.)

als Datum für die soeben genannte Epoche.

Ich habe indessen vorgezogen, diese beiden Data zur eigentlichen Rechnung nicht mit zu verwenden, wie es Chandler thut (Astron. Journal Nr. 205), und sie nur als Kriterien benutzt für die Güte der weiter unten unter verschiedenen Hypothesen berechneten Elemente. Denn abgesehen davon, dass durch Hinzuziehung derselben zur Berechnung der Elemente die an und für sich schon häufig

1) Astron. Nachr., Bd. 76. Nr. 1816.

unförmlichen Zahlen der Rechnung wegen der hohen Epochenzahl noch unverhältnismässig vergrössert worden und mithin noch viel unbequemer geworden wären, verdienen diese beiden Bestimmungen auch nicht im entferntesten das Vertrauen, um mit den übrigen direkt kombiniert werden zu können.

Die vorliegende Untersuchung über den Lichtwechsel von U Coronae gründet sich auf eine längere Reihe von Beobachtungen, die Schönfeld in den Jahren 1869—76 grösstenteils in Mannheim angestellt hat. Die Berufung des Beobachters nach Bonn sowie dringende andere Arbeiten verhinderten denselben die Reihe fortzusetzen, so dass in Bonn nur noch ein Minimum, nämlich das vom 7. September 1875, beobachtet werden konnte. Für das mir durch Übergabe des Beobachtungsmaterials bewiesene Vertrauen sowie für die freundliche Anregung und Unterstützung bei dieser Arbeit sei es mir gestattet, auch an dieser Stelle dem Herrn Geheimrat Schönfeld meinen besten Dank auszusprechen.

Bei der Sichtung des Materials ist vor allem das Prinzip massgebend gewesen, möglichst alle Beobachtungen, auch wenn sie noch so schlecht zum Resultat zu stimmen schienen, für den vorliegenden Zweck zu verwenden. Trotzdem sah ich mich gezwungen einige auszuschliessen. Zunächst konnten zwei nicht mitgenommen werden, weil sie im Original von vornherein als sehr zweifelhaft bezeichnet waren. Ausserdem habe ich Schätzungen, welche nur auf der Vergleichung mit einem Vergleichsterne beruhten, dann ausschliessen zu müssen geglaubt, wenn das Intervall zwei Stufen überstieg, während ich sie im andern Falle als vollgültig mitgenommen habe. Gerechtfertigt wird dieses Verfahren durch die bekannte Thatsache, dass bei geringen Lichtverschiedenheiten die Differenzen vom Auge wunderbar genau aufgefasst werden und die Stufenweiten meist einen nahezu konstanten Wert bekommen, was bei grösse-

ren Helligkeitsunterschieden trotz der grössten Vorsicht und Sorgfalt nicht zu erreichen sein dürfte. Auf diese Weise sind 5 Beobachtungen fortgefallen.

Ferner habe ich noch 8 mit einem Fernrohre von Hertel & Rheinfelder auf Winnecke's kleiner Sternwarte in Karlsruhe angestellte Beobachtungen nicht mit verwandt, da ein eventueller konstanter Unterschied, der durch den Wechsel des Instrumentes in den meisten Fällen bedingt wird, aus der geringen Zahl von Schätzungen nicht mit genügender Sicherheit ermittelt werden konnte. Ausserdem sind diese 8 Schätzungen von Schönfeld selbst für minderwertig erklärt worden, indem U Coronae während derselben schon recht nahe am Horizonte stand. Schliesslich habe ich von den 4 Beobachtungen vom Jahre 1867, welche sich in der Beobachtungsreihe für S Coronae gefunden haben und von denen bereits drei aus einem der vorgenannten Gründe ausgeschlossen werden mussten, auch die vierte fallen lassen und zur Aufstellung der mittleren Lichtkurve nicht mit benutzt, da sie von dem Gros der Beobachtungen für diesen Zweck zeitlich zu weit ablag.

Nach Ausschluss dieser Beobachtungen, deren Zahl sich auf 16 beläuft, blieben noch 1127 übrig, von denen 46 mit einem Refraktor von 6″ Öffnung, die übrigen mit einem Steinheil'schen Sucher von 27‴ Öffnung angestellt sind. Die 46 Refraktorbeobachtungen mussten unbedingt mitgenommen werden, wenngleich das Material an Gleichförmigkeit dadurch etwas verliert. Denn einerseits bilden sie gerade bei den dem Minimum sehr nahe gelegenen Phasen des Lichtwechsels einen nicht unwesentlichen Bestandteil der Beobachtungen, andererseits wurde mir von Schönfeld versichert, dass gerade die Refraktorbeobachtungen als die besseren zu betrachten seien.

Als Vergleichsterne sind zumeist vier Sterne benutzt, die im Original mit h', h, k und l bezeichnet sind und deren Positionen für 1855.0 folgende sind:

h'	$15^h\ 13^m\ 48^s$	$+33°\ 22'.1$
h	$15^h\ 17^m\ 0^s$	$+32°\ 4'.7$
k	$15^h\ 17^m\ 29^s$	$+32°\ 19'.8$
l	$15^h\ 20^m\ 11^s$	$+32°\ 59'.1$.

Ausserdem wurde noch an einzelnen Abenden U mit S Coronae verglichen, welch letzterer, wie schon erwähnt, selbst veränderlich ist.

Auf die Ermittelung der Helligkeitsdifferenzen zwischen den Sternen h', h, k und l habe ich die grösste Sorgfalt verwandt, da sich auf ihnen als Grundlage die ganze Untersuchung aufbaut. Zunächst habe ich die Refraktorbeobachtungen streng von den mit dem Steinheil'schen Sucher angestellten gesondert, um die eventuellen konstanten Unterschiede zwischen beiden Instrumenten zu bestimmen und in die Rechnung einzuführen. Sodann habe ich, um das Material so umfangreich wie möglich zu gestalten, aus der Beobachtungsreihe für S Coronae, welche gleichfalls von Schönfeld angestellt ist und zum grösseren Teile auch in denselben Jahren, diejenigen Schätzungen herausgesucht, bei denen dieselben Vergleichsterne benutzt waren. Auf diese Weise bekam ich zur Bestimmung der Intervalle der vier angeführten Sterne im ganzen 1099 Differenzen, von denen 1046 auf den Steinheil'schen Sucher und 53 auf den Refraktor kommen. Auf die einzelnen Intervalle verteilen dieselben sich folgendermassen: $h—h'$ 184+21, $k—h$ 315+15, $l—k$ 547+17. Hieraus habe ich nach der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Werte zu ermitteln gesucht.

Um dies ausführen zu können, war indessen die Kenntnis der Gewichte der einzelnen Beobachtungen erforderlich. Nun ist aber abgesehen davon, dass die Bestimmung der Gewichte in den meisten Fällen eine missliche, allzu sehr von der Willkür abhängende Sache ist und man meist gut thut, falls nicht bestimmte Anhaltpunkte gegeben sind, dieselben möglichst gleich zu nehmen, in unserm Falle ein

sicheres Urteil über die Güte der einzelnen Beobachtung schwerlich möglich. Atmosphärische Störungen, wie vorüberziehende Wolken, Trübung der Luft u. s. w. sind nach Möglichkeit eliminiert; auch würden sie für die Gewichtsbestimmung eine recht schlechte, schwankende Basis abgegeben haben. Auch die grössere oder geringere Intensität des Mondlichtes bietet keine Handhabe zur Bestimmung der Gewichte, da der Einfluss desselben in den einzelnen Fällen schwerlich bestimmbar und nicht allzu gross sein dürfte. Anders steht es indessen mit dem Umstande, dass wahrscheinlich die Beobachtungen eines Abends nicht unabhängig von einander sind, sondern sich gegenseitig beeinflussen. Ein Urteil jedoch darüber, inwieweit dies im einzelnen der Fall ist, entzieht sich unserer Kenntnis, da dies von der subjektiven Disposition des Beobachters sowohl im allgemeinen als an jedem besonderen Abende abhängt. Es blieb mir daher nur übrig, zwei weit auseinandergehende Voraussetzungen in Bezug auf diesen Punkt anzunehmen. Ich habe nämlich erstens sämtlichen beobachteten Helligkeitsdifferenzen unbekümmert darum, ob sie auf denselben oder auf verschiedene Abende fielen, das Gewicht 1 gegeben und so die Mittel gebildet; zweitens habe ich die Beobachtungen der einzelnen Abende zunächst zu einem Mittel vereinigt und dann aus den so erhaltenen Abendwerten wieder die Mittel genommen. Dabei ergaben sich für die Beobachtungen mit dem Steinheil'schen Sucher die beiden Wertsysteme:

	I			II		
$h-h'$	3.53	184	Schätzungen	3.56	51	Abende.
$k-h$	5.28	315	„	5.20	106	„
$l-k$	7.94	547	„	7.82	354	„

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, dass eine nennenswerte Differenz zwischen den beiden Wertsystemen nicht existiert.

Um nun zu untersuchen, ob zwischen dem Refraktor und dem Sucher konstante Unterschiede existieren, habe ich auch aus den im Refraktor beobachteten Helligkeitsdifferenzen unter Voraussetzung gleicher Gewichte die Mittel gebildet. Setzt man h' gleich Null, so bekommt man für den Steinheil'schen Sucher und den Refraktor folgende Helligkeitsskalen:

	Sucher:	Refraktor:
h'	0	0
h	3.53	4.08
k	8.81	9.06
l	16.75	17.09

Subtrahiere ich von den Werten der Refraktorskala 0.3, so ergibt sich:

$$h' = 0.3 \quad h = 3.78 \quad k = 8.76 \quad l = 16.79.$$

Kürze ich jetzt bis auf die erste Decimale ab, so ergeben sich für k und l in beiden Skalen ohne weiteres dieselben Werte. Runde ich ferner den Wert für h in der Skala für den Sucher mit Rücksicht auf die Refraktorbeobachtungen nach oben ab, so bekomme ich:

$h' = 0$ (—0.3 für den Refraktor), $h = 3.6$ $k = 8.8$ $l = 16.8$.

Diese Skala habe ich der vorliegenden Untersuchung zu Grunde gelegt; ein konstanter Unterschied zwischen Sucher und Refraktor ist mithin nur für das Intervall h—h' angenommen, wo er sich ja auch am leichtesten erklärt.

Die Helligkeit von S Coronae wurde für jeden Abend, an dem er gebraucht wurde, speziell ermittelt, indem er für die Dauer der Beobachtungen als konstant angenommen wurde. Da die Periode dieses Sterns etwa 1 Jahr beträgt und derselbe sich mithin sehr langsam ändert, so dürfte das zu keinem Bedenken Anlass geben.

Erwähnt sei hier noch, dass mir photometrische Daten für die Vergleichsterne nicht zu Gebote standen. Als ein Mangel dieser Arbeit dürfte das kaum empfunden wer-

den, da die Verbindung photometrischer Daten mit Augenschätzungen in der bisherigen Praxis häufig grossen Schwierigkeiten begegnet ist.

Mit Hülfe der obigen Skala wurden sämtliche verwertbaren Beobachtungen streng nach Argelanders Methode reduciert und so das Ergebnis einer jeden durch einen Wert der Skala dargestellt. Hierauf mussten dieselben nach der seit dem letzten Minimum verflossenen Zeit geordnet werden. Um dies bewerkstelligen zu können, war es zunächst erforderlich, aus den vorhandenen Beobachtungen des kleinsten Lichtes Elemente abzuleiten, welche die Zeiten desselben möglichst gut darstellen.

Für diesen Zweck standen mir im ganzen 45 Bestimmungen zur Verfügung, welche sich auf 34 Minima verteilen, indem einzelne von zwei oder auch von drei Beobachtern bestimmt worden sind. Obgleich dieselben im Astronomical Journal Nr. 205 von Chandler bereits zusammengestellt sind mit Ausnahme der Epochen 577 und 639, die mir auf privatem Wege durch die Freundlichkeit des Herrn Geheimrat Schönfeld zugegangen sind, so sei es mir doch der Vollständigkeit halber gestattet, sie noch einmal hierher zu setzen. Das unten stehende Tableau gibt in der ersten Rubrik die Ordnungszahl der Epoche, gezählt vom 25. März 1870 als Nullepoche. Darauf folgt die beobachtete geocentrische mittlere Ortszeit eines jeden Minimums, wie ich sie zum grössten Teil direkt aus den Astronomischen Nachrichten entnommen habe [1]).

In den nächsten Rubriken schliessen sich daran die Namen der Beobachter, wobei mit den Buchstaben S, W, Sm, D, Wijk, Ch und Y der Reihe nach die Namen Schönfeld, Winnecke, Schmidt, Dunér, Wijkander, Chandler und Yendell bezeichnet werden, die Reduktionen auf die Sonne und die heliocentrischen mitt-

1) Astron. Nachr., Bd. 76, 77, 78, 79, 83, 84, 87, 98.

Ep.		Mittl. Ortszeit			Red. auf ⊙	M. Z. Paris (hel.)	p	v_I	v_{II}	v_I	v_{IV}
0	1870	März 25	11h 0m	W	+4m9	10h 50m5 (55.5)	2	−0.72	−6.80	−9.40	−14.34
0			11 30	S			1				
18		Mai 26	14 7	S	+4.8	13 47.3	1	+23.17	+22.12	+15.52	+15.43
20		Juni 2	12 8	W	+4.4	11 51.0 (50.5)	2	+1.77	+1.23	−5.77	−5.38
20			12 13	S			3				
22		Juni 9	9 50	W	+4.0	9 29.7	2	+5.37	+4.38	−2.06	−2.18
29		Juli 3	13 37	W	+2.1	13 14.8	1	+18.32	+17.29	+11.28	+11.10
31		Juli 10	11 21	S	+1.4	11 4.5	3	+10.92	+9.89	+3.99	+3.80
31			11 34	W			3				
42		Aug. 17	10 57.5	W	−2.1	10 31.1	3	+6.97	+5.95	+0.65	+0.36
53		Sept. 24	10 5.3	W	−4.8	9 36.2	1	+24.51	+23.51	+18.80	+18.42
55		Oct. 1	8 8	S	−5.1	7 38.4	3	+4.61	+3.62	−1.00	−1.38
66		Nov. 8	7 26	S	−5.4	7 3.6	½	+2.06	+1.08	−2.96	−3.43
66			7 40.7	W			½				
100	1871	März 5	15 59.5	W	+3.7	15 38.9	2	+25.85	+24.92	+22.62	+21.89
102		März 12	13 38.9	W	+4.2	13 38.3	3	+8.75	+7.82	+5.62	+4.88
102			14 18	S			3				
106		März 26	9 46.0	D	+5.0	9 9.3 (9.5)	2	+2.34	+1.22	−0.57	−1.55
106			9 47.0	Wijk			2				
106			10 32.9	Sm			1½				
115		April 26	12 13.9	Sm	+5.6	10 53.8	1½	−1.81	−2.72	−4.27	−5.11
117		Mai 3	8 30.6	W	+5.6	8 24.2 (25.2)	½	+10.09	+8.19	+7.73	+5.88
117			8 40	S			1				

Ep.		Mittl. Ortszeit			Red. auf ☉	M. Z. Paris (hel.)	p	v_I	v_{II}	v_{III}	v_{IV}
117			10 2.6	Sm			1/2				
135		Juli 4	12 2.6	W	+2.0	11 40.3	1	+14.68	+13.81	+13.23	+12.24
146		Aug. 11	11 26	S	—1.5	11 2.7 (3.4)	3	+14.93	+13.37	+14.01	+12.25
146			11 32.6	W			2				
148		Aug. 18	9 26.8	W	—2.1	9 12.4 (9.4)	1/2	—12.47	—10.33	—13.29	—11.37
148			9 45	S			1				
212	1872	März 26	8 12	S	+5.0	7 52.5	2	—18.99	—19.75	—16.82	—18.32
221		April 26	9 48	S	+5.6	9 29.1	3	—15.24	—15.99	—12.67	—14.23
252		Aug. 11	10 26	S	—1.6	9 59.9	3	—20.41	—21.11	—16.49	—18.23
345	1873	Juni 28	11 29	S	+2.5	11 7.0	3	—10.59	—11.15	—2.98	—5.23
414	1874	Febr. 21	16 17	S	+2.8	15 55.3	2 1/2	—9.56	—10.02	+0.44	—2.12
427		April 7	13 16	S	+5.4	12 56.9	3	—6.21	—6.66	+4.21	+1.59
431		April 21	8 36	S	+5.6	8 17.1	1	—1.82	—2.25	+8.73	+6.10
449		Juni 22	12 21	S	+3.0	11 59.5	3	—23.52	—23.93	—12.41	—15.12
460		Juli 30	11 43	S	—0.4	11 18.1	3	—19.48	—19.87	—8.03	—10.78
577	1875	Sept. 7	9 42	S	—3.7	9 19.2	3	—36.07	—36.28	—21.53	—24.65
639	1876	April 8	9 57.7	W	+5.4	9 40.6	3	—6.19	—6.31	+9.66	+6.39
1088	1880	Juli 6	11 32.6	Sm	+1.8	10 8.8	1 1/2	+11.81	+12.35	+30.23	+27.07
1099		Aug. 13	11 13.8	Sm	—1.7	9 46.5	1 1/2	—3.24	—2.69	+15.09	+11.95
1942	1888	Aug. 1	13 58.5	Ch	—0.7	14 7.1	3	+15.32	+17.14	+5.26	+7.86
2026	1889	Mai 18	14 4.0	Y	+4.5	14 17.8	1	—18.81	—16.87	—34.03	—30.47
2035		Juni 18	15 3.8	Y	+3.3	15 16.4	2	+22.94	+24.89	+7.13	+10.80

leren Pariser Zeiten, wie sie im Mittel aus den vorangegangenen Spalten folgen. Die an einigen Stellen in Klammern beigefügten Zahlen sind ohne Berücksichtigung der Gewichte gebildete Mittel. Als Gewichte habe ich sodann, aus Mangel an einer Methode sie einheitlich abzuleiten, einfach die Werte hierhergesetzt und bei der Rechnung benutzt, welche von den Beobachtern selbst dafür angesetzt sind. Dabei habe ich jedoch eine Ausnahme gemacht. Die Schmidt'schen Beobachtungen schienen mir wegen der Art und Weise, wie derselbe aus den beobachteten Helligkeiten die Minima herleitet, und wie er dann die Gewichte bestimmt, mit den übrigen nicht recht homogen zu sein. Ich habe es daher nicht für zweckmässig gehalten, denselben nach Chandler's Vorgang das höchste vorkommende Gewicht, nämlich 3, beizulegen, sondern habe diese Werte durch 2 dividiert und der Epoche 117 sogar nur das Gewicht $^1/_2$ gegeben, da Schmidt selbst diese Beobachtung für unsicher erklärt. Die vier letzten Spalten geben schliesslich die Fehler, welche die unter den verschiedenen Hypothesen berechneten Elemente übrig lassen, worauf ich unten noch zurückkommen werde. Die Reduktionen der mittleren Ortszeiten auf den Pariser Meridian sind für die folgenden Orte folgende:

Bonn —19^{m}1, Mannheim —24^{m}5, Lund —43^{m}4, Karlsruhe —24^{m}3, Athen —85^{m}6, Strassburg —22^{m}3 und Greenwich +9^{m}3.

Die Beobachtungen von Schönfeld sind in Mannheimer Zeit gegeben mit Ausnahme von Epoche 577, die in Bonn beobachtet ist, die von Winnecke in Karlsruher Zeit mit Ausnahme von Epoche 639, die in Strassburg beobachtet ist. Dunér und Wijkander beobachteten in Lund, Schmidt in Athen, und die Beobachtungen von Chandler und Yendell sind in mittlerer Greenwicher Zeit veröffentlicht.

Aus den vorstehenden Daten habe ich unter vier verschiedenen Hypothesen die wahrscheinlichsten Elemente abgeleitet. Zuvörderst lag es am nächsten, eine gleichförmige Periode anzunehmen. Hierbei habe ich wegen der Misslichkeit, die in der Kombination der von verschiedenen Beobachtern geschätzten Gewichte liegt, wieder zwei Unterannahmen gemacht. Einmal habe ich die Gewichte mit den oben angegebenen Modifikationen so mitgenommen, wie ich sie von den Beobachtern angegeben fand, und bei mehrfach bestimmten Minimis als Gewicht des Mittels die Summe der Einzelgewichte angesetzt; das andere Mal habe ich, unbekümmert um die angesetzten Gewichte und die Zahl der Beobachter jeder Epoche das Gewicht 1 erteilt. Dabei ergaben sich bei der ersten Annahme als wahrscheinlichste Elemente:

I) Min. Ep. E = 1874 Jan. 4 $7^h\,49^m\,38^s.4$ m. Z. Paris (hel.)
$+3^t\,10^{st}\,51^m\,8^s.98(E-400)$,

und bei der zweiten Annahme:

II) Min. Ep. E = 1874 Jan. 4 $7^h\,49^m\,9^s.6$ m. Z. Paris (hel.)
$+3^t\,10^{st}\,51^m\,9^s.07\,(E-400)$.

Die Vergleichung dieser beiden Werte zeigt, dass der Unterschied der unter Zugrundelegung der beiden verschiedenen Hypothesen betreffs der Gewichte erhaltenen Elemente ein recht geringer ist, indem derselbe $^1/_{10}$ Secunde in der Periode noch nicht erreicht. Ich werde daher die Elemente (II) bei der Diskussion nicht mehr berücksichtigen, da von ihnen stets fast genau dasselbe gilt wie von den Elementen (I).

Ein Blick auf die im obigen Tableau unter v_I und v_{II} aufgeführten Fehler, welche diese Elemente übrig lassen, genügt, um sofort den auffallend regelmässigen Gang derselben zu bemerken. Auf eine starke Anhäufung positiver Zeichen folgt eine solche von negativen Zeichen, bis am Schluss die positiven wieder überwiegen. Demgemäss ist

denn auch das Verhältnis von Zeichenfolgen zu Zeichenwechseln ein recht ungünstiges, indem es sich wie 24 : 9 stellt. Es erwächst hieraus sofort die Vermutung, dass die Annahme einer gleichförmigen Periode der Natur der Erscheinung nicht entsprechend ist. Ich habe deshalb ein quadratisches Glied zu den Elementen hinzugenommen und unter Zugrundelegung dieser Form derselben eine dritte und vierte Rechnung ausgeführt, welche sich genau in derselben Weise wie die erste und zweite durch die beiden verschiedenen Hypothesen in Bezug auf die Gewichte unterscheiden. Aus dem Verlauf der unter v_I zusammengestellten Fehler geht hervor, dass das quadratische Glied ein negatives Vorzeichen hat, oder mit andern Worten, dass sich die Periode verkürzt.

Die Ausführung der Rechnung ergab bei der Annahme verschiedener Gewichte die Elemente:

III) Min. Ep. E = 1874 Jan. 4 $7^h\,59^m\,11^s0$ m. Z. Paris (hel.)
$+3^t\,10^{st}\,51^m\,10^s99\,(E-400)-0^s0018\,(E-400)^2$,

und bei Annahme gleicher Gewichte:

IV) Min. Ep. E = 1874 Jan. 4 $7^h\,56^m\,40^s9$ m. Z. Paris (hel.)
$+3^t\,10^{st}\,51^m\,10^s73\,(E-400)-0^s0015\,(E-400)^2$

Man sieht, dass auch hier der durch die Verschiedenheit der Gewichtsbestimmung bedingte Unterschied kein grosser ist.

Betrachtet man jetzt die im obigen Tableau unter v_{III} und v_{IV} gegebenen Fehler, welche von diesen Elementen übrig gelassen werden, so ist unverkennbar, dass dieselben den Beobachtungsdaten wesentlich besser gerecht werden als die unter Annahme einer gleichförmigen Periode hergeleiteten. Die grosse Anhäufung positiver Fehler am Anfang ist verschwunden; von der negativen Fehlerfolge scheint noch die kleine Anomalie zu beiden Seiten der Epoche 221 zurückgeblieben zu sein. Die Verteilung der Vorzeichen ist auch jetzt noch nicht gerade eine günstige zu nennen.

indem sich die Zeichenwechsel zu den Zeichenfolgen wie 13 : 20 verhalten, aber bei der Mannigfaltigkeit und Grösse der hier in Betracht kommenden Fehlerquellen ist es nur zu leicht möglich, dass sie von Zeit zu Zeit bei mehreren auf einander folgenden Beobachtungen zufällig nach derselben Seite hin wirken. Ich habe mich daher mit der Darstellung der Beobachtungen, welche durch diese Elemente geleistet wird, zufrieden gegeben, zumal von der Einführung von Gliedern, die von höheren Potenzen abhängen, oder von einem Sinusgliede kaum eine bessere erwartet werden konnte.

Auch aus anderen Gründen sind den ersten Elementen gegenüber die unter (III) und (IV) entschieden im Vorteil und von diesen wieder besonders die unter (III). Stellen wir zunächst die wahrscheinlichen Fehler, welche sich in den einzelnen Fällen ergeben, neben einander, so haben wir

für die Elemente (I):	$10^{m}.6594$	für mittl. $p = 2.34$
„ „ „ (III):	$8^{m}.4989$	
„ „ „ (IV):	$9^{m}.2825$	(für $p = 1$)

[$p = 2.34$ in Hypothese (I) und (III) und $p = 1$ in Hypothese (IV) stellen dieselbe Gewichtseinheit dar, da beide Werte die Mittel aus den in den betreffenden Fällen angewandten Gewichten sind]. Hieraus ersieht man, dass der aus den Elementen (III) resultierende wahrscheinliche Fehler nicht nur beträchtlich kleiner ist als der aus den Elementen (I), sondern auch von dem aus den Elementen (IV) übertroffen wird. Dazu kommt, dass die Elemente (III) auch mit den älteren Beobachtungsdaten bei weitem am besten übereinstimmen. Es erhellt das sofort aus dem folgenden kleinen Tableau, in dem die Fehler zusammengestellt sind, welche die einzelnen Elemente mit den am Anfang dieser Untersuchung abgeleiteten Epochen —1479 und —746 übrig lassen im Sinne Rechnung — Beobachtung:

Ep.	(I)	(III)	(IV)
—1479	+159^{m}23	+3^{m}81	+27^{m}23
— 746	+ 66^{m}03	—2^{m}28	+ 6^{m}83

Die Darstellung der älteren Daten durch die Elemente (III) ist mithin eine überraschend genaue, so dass sicherlich auch der Zufall eine Rolle dabei spielt. Die Darstellung durch die Elemente (IV) würde bei der Unsicherheit der Daten noch als eine ganz leidliche gelten können, während die Elemente (I) mit ihnen kaum vereinbar sein dürften.

Die vorstehende Untersuchung ergibt also das Resultat, dass eine Verkürzung der Periode von U Coronae während der Zeit, in welche die benutzten Beobachtungen fallen, zum mindesten sehr wahrscheinlich ist. Zu demselben Ergebnis gelangt Chandler in einem Aufsatze über die Periode von U Coronae, der sich im Astronomical Journal Nr. 205 findet, und zwar auf einem etwas anderen Wege. Er teilt die Beobachtungen der Zeit nach in vier Abschnitte, berechnet aus den einzelnen Abschnitten gesondert den Wert der Periode und vergleicht dann die erhaltenen Werte. Er findet auf diese Weise eine Verkürzung der Periode um 0^{s}0036 von Epoche zu Epoche, dasselbe, was aus den Elementen (III) hervorgeht. Ich habe diesen Weg nicht eingeschlagen, weil mir die einzelnen Abschnitte zu wenig Beobachtungen zu umfassen schienen und daher die aus ihnen resultierenden Elemente zu unsicher. Ich habe mir daher lieber die Mühe gemacht, unter direkter Zugrundelegung eines quadratischen Gliedes sämtliche Beobachtungen zugleich nach der Methode der kleinsten Quadrate zu behandeln. Im übrigen werden die Elemente (III) nach Anbringung der unten folgenden Korrektion der Epoche den Chandler'schen nahezu identisch.

Erwähnt sei hier, dass man beim aufmerksamen Durchlesen der einzelnen kleineren Aufsätze, die im Laufe der Zeit über U Coronae in den Astronomischen Nachrichten

veröffentlicht sind, schon leicht zur Vermutung kommt, dass die Periode kürzer werde, indem stets, wenn neue Beobachtungen hinzu gekommen sind und aus ihnen in Gemeinschaft mit den alten die Periode berechnet ist, dieselbe kleiner als früher angegeben wird. So gibt Winnecke 1871 die Periode zunächst zu $3^t\,10^{st}\,51^m\,16^s$ an, dann setzt Schönfeld im Jahre 1873 schon 14^s6 statt 16^s und schliesslich Schmidt im Jahre 1880 sogar 9^s1.

Ueber die physikalischen Ursachen, welche die Verkürzung der Periode veranlasst haben, lässt sich nach unseren heutigen Kenntnissen von den Vorgängen im Fixsternraume Sicheres noch nicht sagen. Die Hypothesen über die Ursachen des Lichtwechsels, mag man nun die Erklärung durch einen umlaufenden Körper oder die durch die Rotation einer an verschiedenen Stellen verschieden stark leuchtenden Oberfläche vorziehen, geben für die regelmässige Verkürzung der Periode jedenfalls nur eine recht gezwungene Erklärung.

Ich komme jetzt zur Behandlung der Eigenschaften des Lichtwechsels innerhalb einer Periode. Der zu diesem Zwecke angestellten Untersuchung habe ich, wie schon erwähnt, die Elemente (III)

$$\text{Min. Ep. E (hel.)} = 1874\ \text{Jan. } 4\ 7^h\,59^m\,11^s0\ \text{m. Z. Paris}$$
$$+3^t\,10^{st}\,51^m\,10^s99\,(E-400)-0^s0018\,(E-400)^2$$

zu Grunde gelegt. Der wahrscheinliche Fehler eines Minimums beträgt für die Gewichtseinheit $12^m9565 \pm 1^m0598$, der der Hauptepoche 1^m5015, der der Periode 0^m0028 und der der Konstanten des quadratischen Gliedes $0^m00000224$. Die Rechnung doppelt zu führen, indem ich neben den soeben angeführten Elementen noch die Elemente (IV) berücksichtigte, erschien mir unnötig. Denn einesteils sind unzweifelhaft die ersteren die plausibeleren, anderenteils weichen die letzteren während der Zeit, in die die Beobachtungen von Schönfeld fallen, so wenig von ihnen

ab, dass sich eine merkliche Verschiedenheit in den resultierenden mittleren Lichtkurven kaum ergeben würde. Ich habe also lediglich unter Zugrundelegung der ersteren Elemente eine Ephemeride berechnet und den zeitlichen Abstand der einzelnen Beobachtungen vom vorhergehenden Minimum bestimmt. Nach diesem Abstande wurden dieselben sodann geordnet und durchschnittlich zu je 10 zu einer Normalhelligkeit zusammengezogen.

Zunächst habe ich klar zu stellen gesucht, ob das sogenannte volle Licht wirklich, wie es den Anschein hat, völlig konstant ist, oder ob sich fern vom Minimum noch Abweichungen finden und vielleicht ein schwaches Maximum vorhanden ist. Zu dem Zwecke habe ich aus den 460 Beobachtungen, die in das volle Licht fallen, folgende 46 Normalhelligkeiten gebildet. Hier bedeutet N die Normalhelligkeit, T die Zeit seit dem Minimum, für welche sie gilt, und p die Anzahl der beobachteten Helligkeiten, aus denen sie gebildet ist.

T		N	p	T		N	p
4st	49m0	11.52	10	22st	39m0	11.90	10
5	5.1	11.36	10	24	37.2	12.02	9
5	21.4	11.43	10	26	13.5	11.90	10
5	37.2	11.52	10	29	25.7	11.68	10
5	56.3	11.62	10	31	58.3	11.63	10
6	53.2	11.53	10	33	58.8	11.71	10
8	20.7	11.97	10	35	37.6	11.84	10
10	35.6	11.79	10	37	45.9	11.43	10
12	29.4	11.60	10	39	57.4	11.84	10
13	48.4	11.40	10	41	58.5	11.86	10
15	6.7	11.40	10	44	10.7	11.72	10
16	41.6	11.26	10	47	16.3	11.78	10
17	54.9	11.15	10	49	31.9	11.93	10
19	9.8	11.90	10	51	13.1	11.62	10
20	53.5	11.54	10	53	1.2	11.72	10

T	N	p	T	N	p
55st 0m1	11.78	10	68st 57m9	11.63	10
57 33.0	11.70	10	70 50.7	11.86	10
59 28.0	11.51	10	72 7.1	11.75	10
60 52.0	11.54	10	74 3.5	11.67	10
62 29.6	11.47	10	75 36.8	11.79	10
63 49.7	11.28	10	76 58.5	11.63	10
65 21.1	11.44	11	77 28.8	11.67	10
66 54.8	11.46	10	77 51.5	11.59	10

Als Mittel dieser Normalhelligkeiten ergibt sich 11.64. Ein regelmässiger Gang dürfte in den obigen Werten nicht liegen. Auch sind die Abweichungen vom Mittel nirgends so gross, um nicht mehr durch systematisch wirkende Beobachtungsfehler bequem erklärt werden zu können. Also:

Das volle Licht von U Coronae ist in allen Abständen vom Minimum als konstant zu betrachten.

Der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung im vollen Licht ergibt sich zu 0.4274 ± 0.0301 Stufen, der einer Normalhelligkeit zu 0.1352.

Um ferner zu entscheiden, ob das volle Licht von U Coronae in grösseren Perioden Schwankungen unterworfen gewesen ist, habe ich aus den Beobachtungen der einzelnen Abende die Mittel gebildet und die so erhaltenen Werte wieder nach ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge zusammengezogen. Da es hierbei nicht auf die grösste Genauigkeit ankommt, so habe ich den einzelnen Normalhelligkeiten nur ungefähr das mittlere Datum, für welches sie gelten, beigegeben. Unter p ist die Anzahl der jeweils konkurrierenden Abende verzeichnet. Es ergaben sich folgende Daten:

t	n	p
1869 Nov. 6	11.69	10
1870 Febr. 7	10.98	8
April 12	11.33	10
Mai 11	11.53	10

t	n	p
1870 Juni 4	11.36	10
Juni 25	11.35	10
Aug. 3	11.46	10
Sept. 10	11.65	9
Oct. 2	11.67	8
Oct. 30	11.55	8
1871 Febr. 27	11.70	10
Mai 7	11.95	10
Juni 8	11.75	9
Juli 28	11.95	10
Aug. 22	11.61	10
Sept. 10	11.81	7
Oct. 14	12.00	9
1872 Febr. 29	12.26	7
April 17	11.92	5
Juli 7	12.16	10
Aug. 18	11.64	10
Sept. 7	11.55	9
Sept. 24	11.63	8
Nov. 2	11.84	8
1873 März 28	12.06	7
Sept. 21	12.14	8
Oct. 15	11.53	8
Nov. 9	11.60	5
1874 Febr. 10	12.02	10
März 9	11.96	10
April 19	11.86	10
Mai 24	11.82	10
Juni 28	11.83	8
Juli 19	11.64	8
Aug. 23	11.87	8
Oct. 4	11.72	8
1875 März 3	11.83	7
Juni 21	11.68	6
1876 Juni 28	12.03	5

Man sieht, dass nach dieser Tabelle die Helligkeit des vollen Lichtes sich nicht in dem Masse konstant erweist wie oben. Vor allem scheint im Jahre 1870 der Stern besonders schwach und in der ersten Hälfte des Jahres 1872 besonders hell geschätzt zu sein. Ich glaube indessen nicht, dass diesen Beobachtungsdaten reelle Schwankungen in der Helligkeit der Sternes zu Grunde liegen. Bedenkt man, dass auch die Schätzungen verschiedener Abende wahrscheinlich nicht unabhängig von einander sind und vergegenwärtigt sich, wie gering das Helligkeitsintervall ist, welches durch eine Stufe repräsentiert wird, so müssen Anhäufungen von Fehlern, die nach derselben Seite hin liegen, und Unterschiede von der Grösse, wie sie in der vorstehenden Tabelle vorkommen, eigentlich von vornherein erwartet werden; beträgt doch die Differenz zwischen den beiden extremen Werten 10.98 und 12.26 nur wenig mehr als $^5/_4$ Stufen. Ich glaube mithin ohne Bedenken den Satz aufstellen zu können:

Im vollen Lichte von U Coronae sind Schwankungen der Helligkeit während der Jahre 1869 bis 1876 nicht nachweisbar.

Als Mittelwert ergibt sich aus der letzten Tabelle 11.73. Derselbe ist also nahezu $^1/_{10}$ Stufe grösser als der obige, eine Differenz, die nicht weiter beachtenswert ist.

Hiernach bin ich dazu geschritten, den eigentlichen Lichtwechsel, d. i. den Teil der Periode zu untersuchen, in dem U Coronae regelmässigen Schwankungen in der Helligkeit unterworfen ist. Um das Gesetz, nach dem diese Schwankungen stattfinden, angenähert zu versinnbildlichen, habe ich, wie üblich, die sogenannte mittlere Lichtkurve aufgestellt. Für diesen Zweck blieben mir noch 667 beobachtete Helligkeiten übrig, die nach ihrem Abstande vom jeweilig zugehörigen Minimum geordnet und zusammengezogen wurden. Die Zahl, welche zu einer Normalhelligkeit vereinigt wurde, weicht nur zu den dem Minimum

ferner liegenden Zeiten etwas von 10 ab, weil dort die einzelnen Schätzungen zeitlich zu weit von einander getrennt lagen. Für die einzelnen Minima wurden hierbei nicht die beobachteten, sondern die durch Rechnung aus den Elementen (III) erlangten Zeiten zu Grunde gelegt, was vorteilhafter ist, wie Schönfeld auseinandergesetzt hat. In der folgenden Tabelle habe ich den Zeiten vor dem Minimum das negative, den Zeiten nach dem Minimum das positive Zeichen gegeben. Die v_I und v_{II} stellen die Fehler dar, welche die unten behandelten Lichtkurven übrig lassen, und zwar im Sinne Kurve — Normalhelligkeit.

	T	N	p	v_I	v_{II}
1)	—4st 45m4	11.37	6	+0.26	+0.26
2)	32.4	11.38	7	+0.09	+0.01
3)	19.6	11.29	7	—0.04	—0.21
4)	5.5	11.01	8	—0.07	—0.33
5)	—3st 53.0	10.84	8	—0.24	—0.58
6)	40.9	10.44	8	—0.24	—0.59
7)	29.1	10.09	9	—0.38	—0.69
8)	16.3	9.43	10	—0.43	—0.50
9)	6.3	8.08	10	+0.34	+0.46
10)	—2st 56.5	8.06	10	—0.22	+0.10
11)	47.9	7.33	10	0.00	+0.52
12)	38.6	6.73	10	+0.19	+0.76
13)	31.2	6.62	10	0.00	+0.58
14)	21.4	5.91	10	+0.31	+0.89
15)	12.7	6.04	10	—0.10	+0.43
16)	4.2	5.59	10	+0.11	+0.55
17)	—1st 54.1	5.06	10	+0.34	+0.69
18)	45.8	5.21	10	—0.04	+0.22
19)	36.4	5.31	10	—0.37	—0.25
20)	28.2	4.71	10	—0.03	+0.03
21)	19.7	4.31	10	+0.12	+0.11
22)	12.4	4.28	10	—0.08	—0.13

	T	N	p	v_I	v_{II}
23)	—1st 5m9	4.09	10	—0.09	—0.17
24)	—0st 57.8	3.58	10	+0.12	+0.03
25)	50.6	3.64	10	—0.20	—0.28
26)	41.9	2.75	10	+0.35	+0.30
27)	34.4	2.37	10	+0.48	+0.43
28)	28.1	2.75	10	—0.11	—0.18
29)	22.4	2.20	10	+0.25	+0.20
30)	16.1	2.40	10	—0.15	—0.19
31)	9.7	2.20	10	—0 12	—0.14
32)	3.0	2.12	10	—0.14	—0.15
33)	+0st 3.7	2.07	10	—0.16	—0.16
34)	10.9	1.86	10	+0.06	+0.06
35)	16.8	1.88	10	+0.11	+0.10
36)	24.1	2.30	10	—0.18	—0.20
37)	29.2	1.88	10	+0.38	+0.40
38)	34.4	2.50	10	—0.05	—0.04
39)	41.8	2.15	10	+0.55	+0.56
40)	46.3	2.93	10	—0.03	—0.03
41)	54.2	2.74	10	+0.46	+0.49
42)	58.9	3.77	10	—0.37	—0.34
43)	+1st 6.2	3.63	10	+0.07	+0.10
44)	11.4	3.79	10	+0.15	+0.16
45)	17.5	4.53	10	—0.34	—0.33
46)	23.6	4.62	10	—0.18	—0.17
47)	29.2	4.69	10	0.00	+0.01
48)	33.2	5.14	10	—0.27	—0.27
49)	40.0	5.29	10	—0.17	—0.14
50)	44.8	5.30	10	+0.02	+0.05
51)	51.3	5.74	10	—0.14	—0.10
52)	57.9	6.02	10	—0.12	—0.11
53)	+2st 4.4	6.54	10	—0.35	—0.35
54)	10.2	6.22	10	+0.23	+0.21
55)	17.7	6.65	10	+0.10	+0.10
56)	22.6	6.86	10	+0.11	+0.10

	T	N	p	v_I	v_{II}
57)	$+3^{st}$ 31.9	7.43	10	—0.03	—0.06
58)	40.4	7.19	10	+0.56	+0.55
59)	50.4	8.32	10	—0.14	—0.16
60)	59.4	8.80	10	—0.25	—0.28
61)	$+3^{st}$ 9.0	9.13	10	—0.19	—0.23
62)	21.3	9.74	10	—0.36	—0.37
63)	33.8	10.33	10	—0.51	—0.50
64)	46.3	10.72	10	—0.53	—0.50
65)	57.5	10.72	9	—0.22	—0.20
66)	$+4^{st}$ 9.5	10.69	9	+0.14	+0.16
67)	16.7	11.05	9	—0.03	—0.02
68)	28.2	11.23	9	+0.05	+0.04
69)	37.0	10.97	8	+0.52	+0.50

Diese Werte habe ich in ein rechtwinkliges Koordinatensystem eingezeichnet, indem ich die Normalhelligkeiten als Ordinaten und die zugehörigen Zeiten als Abscissen genommen habe. Durch die so erhaltenen Punkte habe ich dann mit aller Sorgfalt eine möglichst ungezwungene Kurve mit möglichst einfacher Krümmung hindurch zu legen gesucht. Nach mehreren Versuchen blieb mir schliesslich die Wahl zwischen zwei Kurven. Da mir nicht sicher ausgemacht erschien, welche von beiden unbedingt vorzuziehen sei, so habe ich beide hierhergesetzt.

Lichtkurve von U Coronae. Nr. I.

	h		h
-4st 51^m	11.64	-4st 12^m	10.96
48	11.58	6	10.80
42	11.51	0	10.63
36	11.42	-3st 54^m	10.45
30	11.32	48	10.24
24	11.22	42	10.01
18	11.09	36	9.75

	h		h
—3st 30m	9.45	—0st 6m	1.94
24	9.10	0	1.90
18	8.76	+0st 6m	1.94
12	8.41	12	2.00
6	8.04	18	2.12
0	7.69	24	2.29
—2st 54m	7.38	30	2.49
48	7.07	36	2.71
42	6.82	42	2.95
36	6.57	48	3.20
30	6.33	54	3.45
24	6.11	+1st 0m	3.70
18	5.92	6	3.95
12	5.75	12	4.20
6	5.57	18	4.45
0	5.40	24	4.70
—1st 54m	5.23	30	4.95
48	5.07	36	5.20
42	4.92	42	5.46
36	4.75	48	5.72
30	4.57	54	5.98
24	4.39	+2st 0m	6.25
18	4.19	6	6.51
12	4.00	12	6.77
6	3.80	18	7.02
0	3.57	24	7.28
—0st 54m	3.33	30	7.54
48	3.10	36	7.80
42	2.90	42	8.06
36	2.70	48	8.31
30	2.50	54	8.56
24	2.31	+3st 0m	8.81
18	2.14	6	9.03
12	2.01	12	9.26

	h		h
+3st 18m	9.48	+4st 6m	10.90
24	9.68	12	11.05
30	9.88	18	11.19
36	10.05	24	11.33
42	10.23	30	11.47
48	10.40	36	11.60
54	10.57	37.5	11.64
+4st 0m	10.74		

Lichtkurve von U Coronae. Nr. II.

	h		h
—4st 51m	11.64	—2st 30m	6.91
48	11.57	24	6.68
42	11.46	18	6.45
36	11.33	12	6.21
30	11.19	6	5.97
24	11.04	0	5.74
18	10.88	—1st 54m	5.50
12	10.70	48	5.27
6	10.50	42	5.04
0	10.30	36	4.82
—3st 54m	10.09	30	4.59
48	9.88	24	4.36
42	9.66	18	4.14
36	9.43	12	3.93
30	9.20	6	3.71
24	8.98	0	3.49
18	8.76	—0st 54m	3.27
12	8.53	48	3.05
6	8.30	42	2.85
0	8.07	36	2.65
—2st 54m	7.85	30	2.45
48	7.62	24	2.27
42	7.39	18	2.10
36	7.15	12	2.00

		h			h
—0st	6m	1.93	+2st	24m	7.27
	0	1.90		30	7.54
+0st	6m	1.93		36	7.80
	12	2.00		42	8.05
	18	2.10		48	8.30
	24	2.29		54	8.54
	30	2.50	+3st	0m	8.78
	36	2.72		6	9.02
	42	2.97		12	9.25
	48	3.21		18	9.48
	54	3.47		24	9.70
+1st	0m	3.72		30	9.90
	6	3.97		36	10.09
	12	4.22		42	10.27
	18	4.47		48	10.44
	24	4.73		54	10.60
	30	4.98	+4st	0m	10.76
	36	5.23		6	10.91
	42	5.49		12	11.05
	48	5.74		18	11.18
	54	6.00		24	11.32
+2st	0m	6.25		30	11.45
	6	6.50		36	11.57
	12	6.75		38	11.64
	18	7.00			

Aus beiden Kurven ergibt sich als Korrektion der Epoche $+6^m0$, die an das Argument der Kurven schon angebracht ist. Als wahrscheinlichste heliocentrische Elemente resultieren also aus dieser Untersuchung:

Min. Ep. E = 1874 Jan. 4 $8^h\,5^m\,11^s0$ m. Z. Paris
$+3^t\,10^{st}\,51^m\,10^s99\,(E-400)-0^s0018\,(E-400)^2$.

Die beiden Kurven haben in der unmittelbaren Nähe des Minimums und in ihrem aufsteigenden Teile einen ganz

gleichen Verlauf. Die winzigen Unterschiede, die sich dort finden, rühren von kleinen Unregelmässigkeiten der Zeichnung her, die ich absichtlich habe stehen lassen. Wesentliche Unterschiede zeigen sie indessen in ihrem absteigenden Teile. Der Gang der Normalpunkte scheint nämlich in der Zeit von etwa $-3^h 30^m$ bis $-1^h 30^m$ eine Einbiegung zu verlangen, ohne allerdings dieselbe ausser allen Zweifel zu stellen. Hierauf habe ich in der Kurve I Rücksicht genommen und derselben an der betreffenden Stelle eine gegen die Abscissenachse konkave Einbiegung gegeben, während ich die Kurve II, unbekümmert um die dadurch entstehende Anhäufung positiver Fehler von namhafter Grösse, geradeaus gelegt habe. Welche von beiden Ausgleichungen der Wirklichkeit besser entspricht, muss späteren Beobachtungen zur Entscheidung überlassen bleiben. Beide Kurvenformen haben ihre Vorteile und ihre Nachteile, wenngleich das vorliegende Beobachtungsmaterial etwas mehr für die Kurve I spricht. Der Verlauf der Kurve II ist vor allen Dingen ungezwungener, die Krümmung eine einfachere und regelmässigere. Zudem ist das Verhältnis der Zeichenwechsel zu den Zeichenfolgen trotz der Anhäufung gleich gerichteter Fehler im absteigenden Teile noch gar kein ungünstiges, indem es sich wie 32 : 36 stellt. Der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung ergibt sich, falls man die Kurve als durch fünf Konstanten bestimmt ansieht, zu

$$0.7527 \pm 0.0432 \text{ Stufen.}$$

Derselbe ist allerdings etwas gross, wenn man ihn mit den Werten 0.554 und 0.426 vergleicht, welche sich aus den Schönfeld'schen Beobachtungen für Algol und S Cancri ergeben haben.

Die Ausgleichung durch die Kurve I ist, wenn man von der etwas komplicierteren Krümmung des absteigenden Teiles absieht, im übrigen eine recht gute zu nennen. Das Verhältnis der Zeichenwechsel zu den Zeichenfolgen ist

34 : 31, gestaltet sich also etwas zu Gunsten der Zeichenwechsel.

Der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung ist, wenn man die Kurve als durch 8 Konstanten bestimmt ansieht, einschliesslich der Unsicherheit der Reduktion auf die Vergleichsternskala gleich

$$0.5740 \pm 0.0330 \text{ Stufen.}$$

Derselbe ist mithin nur wenig grösser als der von Schönfeld für Algol gefundene.

Zu bemerken ist noch, dass sowohl Kurve I wie Kurve II an den Stellen von $-4^{st}20^{m}$ bis $-3^{st}15^{m}$ und von $+2^{st}50^{m}$ bis $+4^{st}0^{m}$ grössere Zeichenfolgen aufweisen. Ich habe dieselben nicht beseitigt, weil einerseits dadurch das Verhältnis der Zeichenwechsel zu den Zeichenfolgen allzu sehr zu Gunsten der ersteren ausgefallen wäre, andererseits es ohne eine grössere Gezwungenheit im Lauf der Kurven nicht zu bewerkstelligen gewesen wäre.

Nach den vorstehenden Kurven sind die Haupteigenschaften des Lichtwechsels von U Coronae etwa folgende: Die Dauer der Lichtschwankung beträgt annähernd $9^1/_2$ Stunden. Die gesamte Aenderung der Helligkeit drängt sich also auf etwas mehr als den neunten Teil der ganzen Periode zusammen, während in der übrigen Zeit der Stern ein konstantes Licht zeigt. Von den $9^1/_2$ Stunden werden etwa $4^{st}51^{m}$ für die Abnahme und $4^{st}38^{m}$ für die Zunahme der Helligkeit in Anspruch genommen.

In dieser Zeit sinkt der Stern von 11.64 der zu Grunde gelegten Skala bis auf 1.90. Die Amplitude der Helligkeitsschwankung beträgt also etwa $9^3/_4$ Stufen im Mittel. Nach dem gebräuchlichen Masse sind dies 1.2 Grössenklassen, indem nach der Skala der Bonner Durchmusterung der Stern zwischen 7^m8 und 9^m schwankt.

Nach beiden Kurven nimmt der Stern anfangs langsam ab. Nimmt man dann die besprochene Einbiegung als reell an, so wächst die Geschwindigkeit der Abnahme

sehr bald bedeutend an und erreicht etwa $3^1/_4$ Stunden vor dem Minimum ihren grössten Wert, welcher 0.58 Stufen in 10 Minuten beträgt. Von da an wird die Abnahme anfangs wieder langsamer und sinkt bis auf 0.25 Stufen in 10 Minuten, bis sie sich etwa $1^3/_4$ Stunden vor dem Minimum von neuem beschleunigt, um dann mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 0.33 Stufen bis kurz vor dem Minimum fortzuschreiten. Die Zunahme ist schon sehr bald nach dem kleinsten Lichte eine ziemlich rasche. Sie schreitet in dem gleichmässigen Tempo von 0.42 Stufen in 10 Minuten bis etwa 3 Stunden nach dem Minimum fort, um sich dann allmählich zu verlangsamen bis zur Erreichung des vollen Lichtes. Will man lieber die Kurve II als reell annehmen, so tritt keine Beschleunigung und Verzögerung in der Abnahme ein, sondern dieselbe geht, nachdem ihre Geschwindigkeit auf 0.40 Stufen in 10 Minuten angewachsen ist, ganz gleichmässig und regelmässig vor sich.

Nach den obigen Angaben ist die Dauer der Abnahme des Lichtes ungefähr 13 bis 14^m länger als die der Zunahme. Man muss sich indessen davor hüten, die Genauigkeit dieses Resultates zu überschätzen. Zunächst sind nämlich die äussersten Enden der Kurven, auf die es bei der Bestimmung der Zeitdauer der Ab- und Zunahme am meisten ankommt, gerade am wenigsten gut bestimmt, da dort die Normalpunkte weiter aus einander liegen und ein geringeres Gewicht haben. Sodann ist es schwierig und von Willkür nicht unabhängig, die Grenzen zu bestimmen, wo die einzelnen Beobachtungen des vollen Lichtes an die zur Kurve gehörigen stossen. Schliesslich würde es sich bei den beiden obigen Kurven ohne allzu grossen Zwang bewerkstelligen lassen, dass die Dauer der Abnahme der der Zunahme gleich würde. Alles dieses führte mich darauf, einmal den Versuch zu machen, die Ausgleichung der Normalhelligkeiten durch eine in allen Teilen symmetrische Kurve auszuführen. Dabei bin ich bei einer Kurve

stehen geblieben, deren wahrscheinlicher Fehler sich zu 0.8225 ergab. Zwar ist die Symmetrie des Lichtwechsels durch nichts bewiesen, aber es ist doch immerhin auffallend, dass sich nur eine geringe, noch dazu ziemlich unsichere Differenz zwischen Ab- und Zunahme des Lichtes ergibt. Dazu kommt noch, dass nach der von Winnecke in den Astronomischen Nachrichten Nr. 1816 gegebenen Lichtkurve, die sich allerdings nur auf ein etwas spärliches Beobachtungsmaterial stützt, die Zunahme länger zu dauern scheint als die Abnahme. Es dürfte also wohl eine gewisse Wahrscheinlichkeit vorhanden sein, dass die Wahrheit in der Mitte liegt.

Die beiden oben gegebenen mittleren Lichtkurven habe ich nun dazu verwandt, um die sämtlichen von Schönfeld beobachteten Minima nach der Argelander'schen Methode von neuem abzuleiten. Jedes einzelne Minimum wurde nach beiden Kurven berechnet und aus den beiden so erhaltenen Werten das Mittel genommen. Dies erschien mir um so weniger bedenklich, als der durchschnittliche Unterschied der Werte $1^1/_2$ Minuten noch nicht erreichte. Zwei Minima, nämlich das vom 8. November 1870 und das vom 3. Mai 1871, habe ich bei dieser Rechnung ausgeschlossen, da sich wegen der Unvollständigkeit der Beobachtungen die Ausgleichung durch die Kurven auf sie nicht gut mehr anwenden liess. Die übrigen 18 Bestimmungen des kleinsten Lichtes habe ich in dem unten stehenden Tableau zusammengestellt. Dasselbe enthält der Reihe nach die Epoche, die neu berechnete mittlere Mannheimer Zeit (beim letzten Bonner Zeit) jeder einzelnen Epoche, die Reduktion auf die Sonne, die hieraus resultierende heliocentrische mittlere Pariser Zeit und schliesslich die Fehler, um welche die neu berechneten Data von den in der Epoche verbesserten Elementen (III) abweichen. Daran habe ich noch die Minimalhelligkeiten gefügt.

Ep.	Mittlere Ortszeit		Red. auf ⊙	M.Z. Paris hel.	v	h
0	1870 März 25	$11^h 41^m1$	$+4^m9$	$11^h 21^m5$	-34^m4	2.70
18	Mai 16	14 11.8	+4.8	13 52.1	+16.7	1.61
20	Juni 2	12 29.9	+4.4	12 9.8	−18.6	1.42
31	Juli 10	11 36.7	+1.4	11 13.6	+0.9	1.08
55	Oct. 1	8 13.7	−5.1	7 44.1	−0.7	1.69
102	1871 März 12	14 20.8	+4.2	14 0.5	−10.6	1.47
146	Aug. 11	11 35.9	−1.5	11 9.9	+12.8	1.99
148	Aug. 18	9 51.6	−2.1	9 25.0	−19.9	1.93
212	1872 März 26	8 11.5	+5.0	7 52.0	−10.3	2.74
221	April 26	9 51.7	+5.6	9 32.8	−10 4	3.45
252	Aug. 11	10 24.6	−1.6	9 58.5	−9.1	1.56
345	1873 Juni 28	11 31.5	+2.5	11 9.5	+0.5	2.92
414	1874 Febr. 21	16 15.7	+2.8	15 54.0	+7.7	2.22
427	April 7	13 20.5	+5.4	13 1.4	+5.7	1.81
431	April 21	8 41.3	+5.6	8 22.4	+9.4	1.68
449	Juni 22	12 3.4	+3.0	11 41.9	+11.2	0.39
460	Juli 30	11 45.5	−0.4	11 20.6	−4.5	0.83
577	Sept. 7	9 36.1	−3.7	9 13.3	−9.6	2.05

Aus der Kolumne der v ergibt sich als wahrscheinlicher Fehler eines Minimums für die Gewichtseinheit 12^m190 und für das mittlere Gewicht 2.472 der Wert 7^m753. Hierbei sind die alten Gewichte beibehalten. Legt man die durch Einzelkurven erhaltenen Daten zu Grunde, so ergeben dieselben 18 Minima einen wahrscheinlichen Fehler von 8^m115 für das mittlere Gewicht. Die Ausgleichung durch die mittlere Lichtkurve ist also im Vorteil gegen diejenige durch Einzelkurven, wenngleich nicht in dem Masse, wie Schönfeld für Algol gefunden hat.

Die Minimalhelligkeiten in den einzelnen Epochen, welche die letzte Kolumne gibt, sind aus den Beobachtungen abgeleitet, die bis zu einer Stunde vom Minimum entfernt lagen. Nur einige Male wurde dieser Zeitraum um einige Minuten überschritten und zwar zu dem Zwecke, damit die

Zahl der verwandten Beobachtungen vor und nach dem Minimum dieselbe sei. Als Mittel ergab sich aus den Minimalhelligkeiten 1.86 mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0.1202 Stufen. Innerhalb dieses wahrscheinlichen Fehlers stimmt dasselbe also mit der Zeichnung überein. Die Abweichungen vom Mittel haben indessen mehrfach eine recht beträchtliche Grösse. Demgemäss beträgt denn auch der wahrscheinliche Fehler einer Minimalhelligkeit 0.5098, während man, da jede derselben aus durchschnittlich 8.7 Beobachtungen hergeleitet ist, nach der ersten Kurve 0.1946 und nach der zweiten 0.2552 erwarten sollte. Zwar wirken bei allen Beobachtungen, die ein und dasselbe Minimum einschliessen, wahrscheinlich die Fehlerquellen in derselben Richtung, aber trotzdem dürfte ein Unterschied von 3.06 Stufen, wie ihn die extremen Werte unserer Tabelle zeigen, dadurch nur schwerlich erklärt werden. Vielleicht ist also die Minimalhelligkeit von U Coronae periodischen Schwankungen unterworfen: vielleicht ist auch einer der Vergleichsterne h und h', mit denen U während seines kleinsten Lichtes stets verglichen ist, schwach veränderlich, wodurch sich gleichfalls das Auseinandergehen der Werte ganz gut erklären würde. Erst auf Grund neuen umfangreichen Beobachtungsmaterials wird man im Stande sein hierüber zu entscheiden.

Vita.

Geboren wurde ich, Diedrich Gerhard Berthold Soeken, evangelischer Konfession, am 22. Februar 1868 zu Elsfleth im Grossherzogtum Oldenburg als Sohn des Schiffskapitäns Johann Soeken und seiner Ehefrau Anna Soeken, geborene Oltmanns. Nachdem ich auf der Volks- und Bürgerschule meiner Vaterstadt den ersten Unterricht genossen hatte, wurde ich Ostern 1881 in die Obertertia des Gymnasiums zu Oldenburg aufgenommen. Dasselbe verliess ich Ostern 1886 mit dem Zeugnis der Reife und studierte darauf Mathematik und Naturwissenschaften auf den Universitäten zu Marburg (3 Sem.), Berlin (2 Sem.) und Bonn (3 Sem.). In Bonn bestand ich am 28. November 1890 das Examen rigorosum.

Meine Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

In Marburg: Bergmann, v. Drach, Greeff, Hess, Melde, Weber, Wigand, Zincke.

In Berlin: v. Bezold, Ebbinghaus, Foerster, Fuchs, Knoblauch, König, Lehmann-Filhés, Pringsheim, Schwendener.

In Bonn: Bender, Hertz, Kortum, Lipschitz, Ludwig, J. B. Meyer, Rein, Richarz, Pulfrich, Schönfeld.

Zu besonderem Danke fühle ich mich Herrn Professor Schönfeld verpflichtet.

Thesen.

I. Der Lichtwechsel der veränderlichen Sterne wird bisher am besten durch die Annahme einer ungleichen Leuchtkraft ihrer verschiedenen Oberflächenteile erklärt.

II. Der flüssige und der gasförmige Zustand sind als weit von einander getrennte Formen eines und desselben Aggregatzustandes aufzufassen.

III. Die Ursache davon, dass die Region der Kalmen auf der nördlichen Halbkugel liegt, ist in der Konfiguration der Kontinente zu suchen.

IV. Es ist wahrscheinlich, dass bei der Entstehung des Hagels elektrische Kräfte mitwirken.